

Respiration control for respiration system

Publication number: DE19516536 (A1)

Publication date: 1996-11-07

Inventor(s): KOHL HANS-JOACHIM DR [DE]

Applicant(s): DRAEGERWERK AG [DE]

Classification:

- **international:** A61M16/00; A61M16/00; (IPC1-7): A61M16/00; A61H31/00

- **European:** A61M16/00

Application number: DE19951016536 19950505

Priority number(s): DE19951016536 19950505

Also published as:

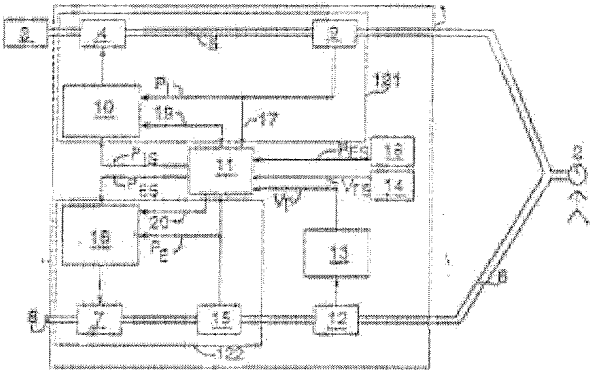
- DE19516536 (C2)
- US5797393 (A)
- SE9601698 (L)
- SE517842 (C2)

Cited documents:

- DE2750450 (B2)
- DE2337061 (A1)
- US4448192 (A)
- EP0520082 (A1)

Abstract of DE 19516536 (A1)

The respiration control determines the respiration pressure during the respiration phase, with a valve (4) in the air inhalation line (5), for controlling the inhalation air flow and a valve (7) in the exhalation line (6) for providing a selected exhalation pressure. The valves are coupled to a central control (11) together with a flow measuring device (12) for measuring the respiration air volume and a pressure measuring device (9) for measuring the inhalation pressure. The valve in the inhalation line is adjusted to obtain the required respiration air volume and that in the exhalation line is adjusted to provide the required respiration pressure.





19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 195 16 536 A 1

51 Int. Cl.⁸:
A 61 M 16/00
A 61 H 31/00

21 Aktenzeichen: 195 16 536.5
22 Anmeldetag: 5. 5. 95
43 Offenlegungstag: 7. 11. 96

DE 195 16 536 A 1

71 Anmelder:
Drägerwerk AG, 23558 Lübeck, DE

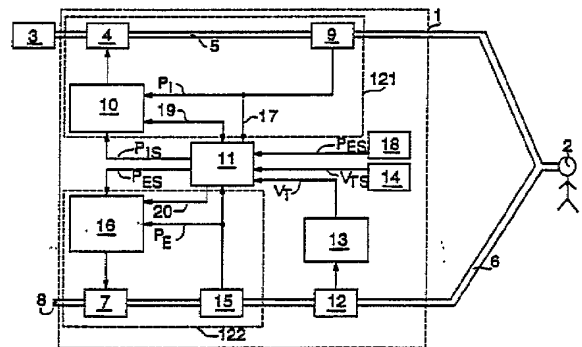
72 Erfinder:
Kohl, Hans-Joachim, Dr., 23564 Lübeck, DE

56 Entgegenhaltungen:
DE 7 50 450 B2
DE 23 37 081 A1
US 44 48 192

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Verfahren zur Steuerung der Atemphasen in einem Atemsystem

57 Ein Verfahren zur Einstellung des Atemdruckes während der Atemphasen in einem Beatmungsgerät soll derart verbessert werden, daß eine volumenkontrollierte Beatmung unter den Bedingungen der druckkontrollierten Beatmung sowie Eigenatemtätigkeit möglich ist. Zur Lösung der Aufgabe sind die Verfahrensschritte vorgesehen, einen Atemvolumen-Sollwert V_{TS} und einen Einatemdruck-Sollwert p_{IS} festzulegen, während einer Einatmung bei einem ersten Einatemhub den Einatemdruck p_i durch Betätigung des Einatemventils (4) auf p_{IS} einzustellen, das Atemvolumen V_T mit V_{TS} zu vergleichen und, sofern V_T kleiner V_{TS} ist, während der dem ersten Einatemhub folgenden Einatemhübe den Einatemdruck p_{IS} stufenweise um jeweils Druckstufen Δp so lange zu erhöhen, bis das Atemvolumen V_T größer oder gleich dem Atemvolumen-Sollwert V_{TS} ist, bei jedem Einatemhub den Einatemdruck p_i mit p_{IS} zu vergleichen und, sofern der Einatemdruck p_i infolge einer beabsichtigten Ausatmung auf einen Wert größer p_{IS} ansteigt, das Ausatemventil (7) soweit zu öffnen, daß als Einatemdruck p_i der Einatemdruck-Sollwert p_{IS} wieder hergestellt ist.



DE 195 16 536 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Atemphasen in einem Beatmungsgerät mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

Bei der Beatmung von Patienten unterscheidet man im wesentlichen zwei grundlegende Beatmungsverfahren, und zwar die sogenannte druckkontrollierte Beatmung und die volumenkontrollierte Beatmung. Eine volumenkontrollierte Beatmung erfordert die Einstellung eines Tidalvolumens, einer Frequenz f und eines Verhältnisses von Inspirations- zu Expirationszeit. Der Start eines Atemhubes erfolgt entweder zwangsweise durch eine Zeitsteuerung oder getriggert, d. h. durch den Patienten ausgelöst. Die Inspiration läuft mit einem definierten Flowmuster ab, und der dafür erforderliche Atemwegsdruck stellt sich selbständig in Abhängigkeit von dem Flowmuster ein. Die Höhe des Atemwegdruckes hängt im wesentlichen von der Nachgiebigkeit der Patientenlunge ab, wird aber auch durch die Atemanstrengungen des Patienten beeinflusst. Eine Überwachung des oberen Atemwegsdruckes ist erforderlich, um zu verhindern, daß die Lunge durch zu hohe Drücke geschädigt wird. Weiter wird üblicherweise das Atemminutenvolumen überwacht, um die Arbeitsweise des Respirators zu kontrollieren. Nachteile durch das starre inspiratorischen Flowmusters und das festgelegte Minutenvolumens entstehen dann, wenn der Patient Eigenaktivität entwickelt, also sein Flowmuster und sein Atemminutenvolumen selbst bestimmen will. Auf diese Eigenaktivität des Patienten kann der Respirator nur begrenzt reagieren. Ein weiterer Nachteil der volumenkontrollierten Beatmung ist, daß der konstante inspiratorische Gasfluß eine Druckspitze erzeugt, die durch eine von Hand einstellbare Druckbegrenzung abgebaut wird. Die korrekte Einstellung der Druckbegrenzung ist jedoch nicht ganz unproblematisch.

Bei der druckkontrollierten Beatmung wird nicht mehr ein festes Atemhubvolumen eingestellt, sondern es wird so viel Atemgas zugeführt, bis ein vorbestimmter Inspirationsdruck erreicht ist. In vielen Fällen ist die druckkontrollierte Beatmungsform für den Patienten günstiger als die volumenkontrollierte. Der Vorteil der druckkontrollierten Beatmung liegt im wesentlichen darin, daß der Patient den Flow und das Volumen durch Gegen- oder Mitatmen bis zu einem gewissen Grade selbst kontrollieren kann. Die druckkontrollierte Beatmung hat aber den Nachteil, daß das vom Patienten eingeatmete Minutenvolumen überwacht werden muß.

In der jüngsten Zeit wird eine weitere Beatmungsform besonders beachtet, und zwar die Durchatembarkeit auf einem festgelegten Druckniveau. Bei dieser Beatmungsform wird dem Patienten nur ein erhöhtes Druckniveau, meistens verbunden mit einer erhöhten Sauerstoffkonzentration, angeboten, auf dem er selber beliebig ein- und ausatmen kann. Bei dieser Beatmungsform wird vorausgesetzt, daß der Patient seine Beatmung voll kontrollieren kann.

Aus der EP 520 082 A1 ist ein Beatmungsgerät bekanntgeworden, bei welchem einem Patienten ein Atemgasfluß bei festgelegtem Druckniveau angeboten wird, wobei der Atemgasfluß bei einer Atemanstrengung des Patienten erhöht, bzw. bei einer Ausatmung reduziert wird. Diese Beatmungsform ist aber nur zu Unterstützung einer Eigenatemtätigkeit des Patienten geeignet. Eine gleichzeitige Volumen- und Druckkontrolle ist nicht vorgesehen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Beat-

mungsverfahren anzugeben, das eine volumenkontrollierte Beatmung unter den Bedingungen der druckkontrollierten Beatmung ermöglicht und eine Eigenatemtätigkeit des Patienten zuläßt.

Die Lösung der Aufgabe erfolgt mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1.

Der Vorteil der Erfindung besteht im wesentlichen darin, daß mit jedem Beatmungshub der Beatmungsdruck stufenweise erhöht wird, und zwar so lange, bis das vorgewählte Atemhubvolumen appliziert worden ist. Eine Ausatmung auf dem oberen Druckniveau ist jederzeit möglich. Mit dem erfindungsgemäßen Beatmungsverfahren werden die Vorteile der druckkontrollierten Beatmung durch Kontrollieren des Atemdruckes, der volumenkontrollierten Beatmung durch Kontrollieren des Atemvolumens und der freien Durchatembarkeit bei dem jeweiligen Druckniveau kombiniert. Die Beatmung mit dem erfindungsgemäßen Beatmungsverfahren läuft im wesentlichen folgendermaßen ab. Sie beginnt zunächst mit einem Testhub mit geringerer Druckamplitude, d. h. mit einem geringen Einatemdruck-Sollwert p_{is} . Das hierbei applizierte Atemvolumen wird während eines jeden Atemzuges gemessen und mit einem Atemvolumen-Sollwert verglichen. Ist das gemessene Atemvolumen kleiner als der Atemvolumen-Sollwert, wird der Einatemdruck-Sollwert beim nächstfolgenden Einatemhub erhöht, und es wird wieder das Atemvolumen gemessen. Der Einatemdruck-Sollwert wird so lange erhöht, bis der Sollwert für das Atemvolumen erreicht ist. Durch die Druckbegrenzung der Atemhübe ist der einzelne Atemhub nicht mehr im Volumen begrenzt, d. h. der Patient kann bei jedem einzelnen Atemhub beliebig viel Volumen abfordern. Durch die gleichzeitig vorhandene Volumenüberwachung wird sichergestellt, daß das Einatemvolumen auf einen einstellbaren Wert begrenzt ist. Damit wird zwar die Freiheit des Patienten eingeschränkt, andererseits kann aber ein Volumentrauma verhindert werden.

Sollte der Patient während der Einatmung plötzlich mit einer Ausatmung beginnen, wird dieses daran erkannt, daß der Einatemdruck p_i auf einen Wert größer p_{is} ansteigt. In diesem Fall wird das Ausatemventil soweit geöffnet, daß als Einatemdruck p_i der Einatemdruck-Sollwert p_{is} wieder hergestellt ist.

Das erfindungsgemäße Beatmungsverfahren ist besonders vorteilhaft bei Patienten mit unkontrollierten Atemreflexen einsetzbar. Bei solchen Patienten ist auch eine übliche Minutenvolumen-Überwachung uneffektiv, weil sie nicht zwischen der Totraumventilation und der alveolaren Belüftung unterscheidet. Mit dem erfindungsgemäßen Beatmungsverfahren können die Patienten ohne Behinderung ihre unruhige Atmung durchführen. Trotzdem wird das vom Arzt eingestellte Minutenvolumen für den Alveolarbereich garantiert, unabhängig davon, wie sich die Lunge verändert.

Die gestellte Aufgabe wird auch mit den Merkmalen des kennzeichnenden Teils der Patentansprüche 2 oder 3 gelöst.

In vorteilhafter Weise wird während einer Ausatmung, die bei einem vorgewählten Ausatemdruck p_{es} erfolgt, der aktuell gemessene Ausatemdruck p_e mit dem vorgewählten Ausatemdruck p_{es} verglichen und, sofern der Ausatemdruck p_e infolge einer beabsichtigten Einatmung unter den vorgewählten Ausatemdruck p_{es} abfällt, der Atemgasfluß mittels des Einatemventils derart erhöht, bis der Ausatemdruck p_e den vorgewählten Ausatemdruck p_{es} wieder erreicht hat.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der

Zeichnung dargestellt und im folgenden näher erläutert:

Die einzige Figur zeigt ein Beatmungsgerät 1 zur Versorgung eines Patienten 2 aus einer Druckgasquelle 3 über ein Einatemventil 4 und eine Einatemleitung 5 mit Atemgas und Ableitung des ausgeatmeten Gases über eine Ausatemleitung 6 und ein Ausatemventil 7 zu einem Expirationsauslaß 8. Der Einatemdruck in der Einatemleitung 5 wird mittels eines ersten Drucksensors 9 gemessen und als Einatemdruck-Istwert p_i einem Einatem-Druckregler 10 zugeführt, welcher mit dem Einatemventil 4 als Stellglied zur Beeinflussung des Einatemgasflusses verbunden ist. Der Einatem-Druckregler 10 ist an eine zentrale Steuereinheit 11 angeschlossen, von welcher er einen Einatemdruck-Sollwert p_{is} erhält. Das Einatemventil 4, der erste Drucksensor 9 und der Einatem-Druckregler 10 bilden zusammen einen ersten Regelkreis 121 zur Einstellung des Einatemdruckes p_i auf den Einatemdruck-Sollwert p_{is} . Durch Veränderung des Öffnungsquerschnittes des Einatemventils 4 wird der aus der Druckgasquelle 3 dosierte Gasfluß derart eingestellt, daß der Einatemdruck-Istwert p_i mit dem Einatemdruck-Sollwert p_{is} übereinstimmt.

In der Ausatemleitung 6 ist ein Flußsensor 12 zur Messung des vom Patienten 2 ausgeatmeten Volumens vorgesehen. Aus dem vom Flußsensor 12 gelieferten Meßsignal wird in einem dem Flußsensor 12 nachgeschalteten Integrator 13 das Atemhubvolumen V_T errechnet und der zentralen Steuereinheit 11 zugeführt. Das in der Ausatemleitung 6 gemessene Atemhubvolumen V_T ist dem vom Patienten 2 eingeatmeten Volumen proportional, sofern das Atemsystem leakagefrei ist, was im vorliegenden Fall vorausgesetzt werden soll. Über einen Atemvolumen-Sollwertsteller 14 wird ein Atemhubvolumen-Sollwert V_{Ts} in die Steuereinheit 11 eingegeben. Ein in der Ausatemleitung 6 befindlicher zweiter Drucksensor 15 mißt den Ausatemdruck-Istwert p_e und ist an einen Ausatemdruck-Regler 16 angeschlossen. Der Ausatemdruck-Regler 16 ist mit dem Ausatemventil 7 als Stellglied verbunden. Ein von der Steuereinheit 11 gelieferter Ausatemdruck-Sollwert p_{es} wird dem Ausatemdruck-Regler 16 zugeführt und dort mit dem Ausatemdruck-Istwert p_e verglichen.

Durch Veränderung des Öffnungsquerschnittes des Ausatemventils 7 wird der Ausatemdruck p_e auf den Wert p_{es} eingestellt. Das Ausatemventil 7, der zweite Drucksensor 15 und der Ausatemdruck-Regler 16 bilden zusammen einen zweiten Regelkreis 122.

Zur Umschaltung der Atemphasen von der Einatmung auf die Ausatmung ist eine Triggerleitung 17 vorgesehen, mit der der Einatemdruck-Istwert p_i der Steuereinheit 11 zugeführt wird.

Die Arbeitsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist folgendermaßen:

Mittels des Atemvolumen-Sollwertstellers 14 wird ein bestimmter Atemvolumen-Sollwert V_{Ts} eingestellt, welcher in die zentrale Steuereinheit 11 eingelesen wird. Der Einatem-Druckregler 10 erhält von der Steuereinheit 11 einen Einatemdruck-Sollwert p_{is} , der in der Steuereinheit gespeichert ist. Mittels eines Ausatemdruck-Sollwertstellers 18 wird der Sollwert für den Ausatemdruck p_{es} am Atemdruck-Regler 16 eingestellt.

Während des ersten Einatemhubes wird mittels des Einatem-Druckreglers 10 der Einatemdruck p_i auf den Startwert des Einatemdruck-Sollwertes p_{is} eingestellt. Das vom Patienten 2 ausgeatmete Atemvolumen wird mit dem Flußsensor 12 gemessen und als Atemhubvolumen V_T in die Steuereinheit 11 eingelesen. In der Steuereinheit 11 wird V_T mit dem Atemvolumen-Soll-

wert V_{Ts} verglichen und, sofern das Atemhubvolumen V_T kleiner V_{Ts} ist, wird beim nächsten Einatemhub der Einatemdruck-Sollwert p_{is} um eine vorgewählte Druckstufe Delta, p erhöht. Der Einatemdruck-Sollwert p_{is} wird so lange erhöht, bis das Atemvolumen V_T größer oder gleich dem Atemvolumen-Sollwert V_{Ts} ist. Sofern während einer Einatmung der Einatemdruck p_i den Einatemdruck-Sollwert p_{is} übersteigt, z. B. infolge einer vom Patienten 2 beabsichtigten Ausatmung, wird über eine Signalleitung 20 von der Steuereinheit 11 aus ein erstes Steuersignal an den Ausatemdruck-Regler 16 gegeben, durch welches das Ausatemventil 7 soweit geöffnet wird, daß als Einatemdruck p_i der Einatemdruck-Sollwert p_{is} wieder hergestellt ist.

Die Umschaltung von der Einatmung auf die Ausatmung erfolgt nach einem in der Steuereinheit 11 gespeicherten Zeitkriterium. Während der Ausatmung wird mittels des Ausatemdruck-Reglers 16 und des Ausatemventils 7 der vorgewählte Ausatemdruck p_{es} eingestellt. Der von dem zweiten Drucksensor 15 gemessene Ausatemdruck p_e wird in der Steuereinheit 11 mit dem vorgewählten Ausatemdruck-Sollwert p_{es} verglichen und, sofern der Ausatemdruck p_e infolge einer beabsichtigten Einatmung unter den vorgewählten Ausatemdruck p_{es} abfällt, wird über eine Signalleitung 19 ein zweites Steuersignal auf den Einatem-Druckregler 10 geschaltet, durch welches das Einatemventil 4 soweit geöffnet wird, daß als Ausatemdruck p_e der Ausatemdruck-Sollwert p_{es} wieder hergestellt ist.

Mit dem erfindungsgemäßen Beatmungsverfahren wird eine besonders gute Anpassung an die Atemanstrengung des Patienten dadurch erreicht, daß während der Einatmung eine Ausatmung auf dem Druckniveau der Einatmung und während der Ausatmung eine Einatmung auf dem Druckniveau der Ausatmung möglich ist.

In einem alternativen Beatmungsverfahren zur Einstellung eines vorbestimmten Atemvolumen-Sollwertes V_{Ts} ist vorgesehen, während der Einatmung den Einatemdruck p_i auf einen festen Einatemdruck-Sollwert p_{is} einzustellen und den Ausatemdruck-Sollwert p_{es} während der Ausatmung um vorbestimmte Druckstufen Delta p mit jedem Ausatemhub zu erniedrigen, bis der Atemvolumen-Sollwert V_{Ts} erreicht ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung des Atemdruckes während der Atemphasen in einem Beatmungsgerät (1), welches zumindestens eine Einatemleitung (5), eine Ausatemleitung (6), eine Atemfluß-Meßeinrichtung (12) zur Messung des Atemvolumens V_T , eine Einatemdruck-Meßeinrichtung (9) zur Messung des Einatemdruckes p_i , ein den Atemgasfluß einstellendes Einatemventil (4), ein einen vorgewählten Ausatemdruck p_{es} in der Ausatemleitung (6) einstellendes Ausatemventil (7) und eine zentrale Steuereinheit (11) enthält, **gekennzeichnet durch** die Schritte, einen Atemvolumen-Sollwert V_{Ts} und einen Einatemdruck-Sollwert p_{is} festzulegen, während einer Einatmung bei einem ersten Einatemhub den Einatemdruck p_i durch Betätigung des Einatemventils (4) auf p_{is} einzustellen, das Atemvolumen V_T mit V_{Ts} zu vergleichen und, sofern V_T kleiner V_{Ts} , während der dem ersten Einatemhub folgenden Einatemhübe den Einatemdruck-Sollwert p_{is} stufenweise um jeweils Druckstufen Delta p so lange zu erhöhen, bis das Atemvolumen V_T größer oder gleich dem Atemvolumen-Sollwert V_{Ts} ist, bei

jedem Einatemhub den Einatemdruck p_I mit p_{IS} zu vergleichen und, sofern der Einatemdruck p_I infolge einer beabsichtigten Ausatmung auf einen Wert größer p_{IS} ansteigt, das Ausatemventil (7) soweit zu öffnen, daß als Einatemdruck p_I der Einatemdruck-Sollwert p_{IS} wieder hergestellt ist.

2. Verfahren zur Einstellung des Atemdruckes während der Atemphasen in einem Beatmungsgerät (1), welches zumindestens eine Einatemleitung (5), eine Ausatemleitung (6), eine Atemfluß-Meßeinrichtung (12) zur Messung des Atemvolumens V_T , eine Ausatemdruck-Meßeinrichtung (15) zur Messung des Ausatemdruckes p_E , ein den Atemgasfluß einstellendes Einatemventil (4), eine Ausatemdruck-Meßeinrichtung (15) zur Messung des Ausatemdruckes p_E , ein einen vorgewählten Ausatemdruck p_{ES} in der Ausatemleitung (6) einstellendes Ausatemventil (7) und eine zentrale Steuereinheit (11) enthält, gekennzeichnet durch die Schritte, einen Atemvolumen-Sollwert V_{TS} und einen Einatemdruck-Sollwert p_{IS} festzulegen, während einer Einatmung bei einem ersten Einatemhub den Einatemdruck p_I durch Betätigung des Einatemventils (4) auf p_{IS} einzustellen, das Atemvolumen V_T mit V_{TS} zu vergleichen und, sofern V_T kleiner V_{TS} , während der dem ersten Einatemhub folgenden Einatemhübe den Einatemdruck-Sollwert p_{IS} stufenweise um jeweils Druckstufen Δp so lange zu erhöhen, bis das Atemvolumen V_T größer oder gleich dem Atemvolumen-Sollwert V_{TS} ist, bei jedem Einatemhub den Einatemdruck p_I mit p_{IS} zu vergleichen und, sofern der Einatemdruck p_I infolge einer beabsichtigten Ausatmung auf einen Wert größer p_{IS} ansteigt, das Ausatemventil (7) soweit zu öffnen, daß als Einatemdruck p_I der Einatemdruck-Sollwert p_{IS} wieder hergestellt ist, und während einer Ausatmung den Ausatemdruck p_E mit dem vorgewählten Ausatemdruck p_{ES} zu vergleichen und, sofern der Ausatemdruck p_E infolge einer beabsichtigten Einatmung einen Wert kleiner als p_{ES} annimmt, den Atemgasfluß mittels des Einatemventils (4) derart zu erhöhen, daß der Ausatemdruck p_E zumindestens wieder den vorgewählten Ausatemdruck p_{ES} erreicht.

3. Verfahren zur Einstellung des Atemdruckes während der Atemphasen in einem Beatmungsgerät (1), welches zumindestens eine Einatemleitung (5), eine Ausatemleitung (6), eine Atemfluß-Meßeinrichtung (12) zur Messung des Atemvolumens V_T , eine Ausatemdruck-Meßeinrichtung (15) zur Messung des Ausatemdruckes p_E , ein den Atemgasfluß einstellendes Einatemventil (4), eine Ausatemdruck-Meßeinrichtung (15) zur Messung des Ausatemdruckes p_E , ein einen vorgewählten Ausatemdruck p_{ES} in der Ausatemleitung (6) einstellendes Ausatemventil (7) und eine zentrale Steuereinheit (11) enthält, gekennzeichnet durch die Schritte, einen Atemvolumen-Sollwert V_{TS} und einen Einatemdruck-Sollwert p_{IS} festzulegen, während einer Einatmung den Einatemdruck p_I durch Betätigung des Einatemventils (4) auf p_{IS} einzustellen, während einer Ausatmung das Atemvolumen V_T zu bestimmen und mit dem Atemvolumen-Sollwert V_{TS} zu vergleichen und, sofern V_T kleiner als V_{TS} ist, während einer nachfolgenden Ausatmung den vorgewählten Ausatemdruck p_{ES} um eine vorbestimmte Druckstufe Δp zu erniedrigen.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

